Revista Internacional de
**Ingeniería
de Estructuras**

Vol. 26 , 3, 498-522 (2021)

SEISMIC VULNERABILITY OF EDUCATIONAL BUILDINGS. COMPARISON OF TWO QUALITATIVE METHODS. STUDY CASES

Nery F. Pizarro(1,5), Miguel E. Tornello(2,5), Nelson D. Agüera(3,5), Gustavo Gioacchini(4,5)

(1) Magister en ingeniería estructural sismorresistente. nery@frm.utn.edu.ar*
(2) Doctor en ingeniería. mtornell@frm.utn.edu.ar
(3) Ingeniero Civil. naguera@frm.utn.edu.ar
(4) Doctor en ingeniería. ggioacchini@frm.utn.edu.ar
(5) Docentes investigadores de la Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Mendoza. Argentina. Investigador en el CEREDETEC (Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción, Sismología e Ingeniería Sísmica

Accepted: August 2021
Published: August 2021

ABSTRACT

Educational buildings built before current regulations must be evaluated, according to their seismic vulnerability, due to their great importance for society. The results obtained will allow the authorities to provide a programmed response for the earthquake-resistant adaptation of those buildings that require it.

The present work evaluates, by means of two qualitative methods, the level of earthquake-resistant safety of four schools located in the Center-North of the province of Mendoza, Argentina, an area of high seismic risk. The work considers the results of the method that determines a suitable vulnerability index to educational buildings and then compares the results with the methodology of "Rapid Visual Determination" "RVS" of FEMA P-154. The results were compared using a regression curve to give it better validity. The results found show compatibility with one of the application levels of FEMA P-154.

Keywords: Seismic Vulnerability - Educational Buildings - Qualitative Methodology

VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS EDUCACIONALES. COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS CUALITATIVOS. CASOS DE ESTUDIO.

RESUMEN

Los edificios educativos construidos antes de la normativa vigente deben ser evaluados, de acuerdo con su vulnerabilidad sísmica, debido a su gran importancia para la sociedad. Los resultados obtenidos permitirán a las autoridades brindar una respuesta programada para la adaptación sismorresistente de aquellos edificios que lo requieran.

DOI: http://dx.doi.org/10.24133/riie.v26i3.2338

El presente trabajo evalúa, por medio de dos métodos cualitativos, el nivel de la seguridad sismorresistente de cuatro colegios situados en el Centro-Norte de la provincia de Mendoza, Argentina. zona de elevado riesgo sísmico. El trabajo considera los resultados del método que determina un Índice de vulnerabilidad adecuado a los edificios educacionales para luego compararlos con la metodología de "Determinación Visual Rápida" "RVS" del FEMA P-154. Los resultados se compararon mediante una regresión para darle una mejor validez. Los resultados encontrados muestran compatibilidad con uno de los niveles de aplicación del FEMA P-154.

Palabras Claves: Vulnerabilidad Sísmica – Edificios Educacionales – Metodología cualitativa

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo presenta la comparación de resultados por medio de la aplicación de dos métodos cualitativos que determinan la vulnerabilidad sísmica en edificios educacionales que fueron construidos entre los años 1950 y 1987, ubicados en el Centro – Norte de la provincia de Mendoza, Argentina, zona catalogada como de elevado riesgo sísmico, tal como se lo expresa en las reglamentaciones vigentes.

Uno de estos procesos de evaluación se basa en una adecuación del método italiano, desarrollado por Benedetti y Petrinni para el "Gruppo Nazionale per la Difensa dei Terremoti" de Italia (G.N.R.T.1993) (Pizarro, N. F. 2016), teniendo en cuenta lo realizado por Agüera, N. et al. (2005), Alvayay Barrientos, D. A., (2013), Caicedo, C. et al. (1994), Gulkan, P. et al. (1996), Letelier Gonzalez, V. C. (2003), Llanos, L. et al. (2003) entre otros. Con las adecuaciones realizadas se calcula el denominado Índice de Vulnerabilidad (Iv), y el otro estudio es el propuesto por el FEMA P-154 (2015) según su visión desde las probabilidades y la estadística. Este último ha sido parcializado y mínimamente adecuado acorde a las tipologías de construcción de las escuelas estudiadas.

Se ha realizado una evaluación de la seguridad estructural sismorresistente de escuelas, calculando el índice de vulnerabilidad (Iv), adaptado por Pizarro, N. F. (2016), donde el período de tiempo en la historia de su construcción se encuentra enmarcado en los años límites enunciados. Estos límites temporales se deben a que son demasiadas las particularidades constructivas en función del avance del conocimiento que ha tenido la disciplina de la ingeniería sismorresistente.

El límite inferior impuesto, por los métodos de análisis, se debe a que, antes de dicho año (1957), las escuelas se construían sin consideraciones sismorresistentes o bien con las que proponía el gobierno central, idénticas para todo el país, sin tener en cuenta, por ejemplo, las características geotectónicas de cada lugar. Estas escuelas, las más antiguas, poseen pocas características referidas a diseños sismorresistentes, en los materiales utilizados, al tipo de ejecución de la construcción y a la mano de obra existente en esa época, siendo estos algunos de los aspectos más relevantes.

En tanto, el límite temporal superior se debe a que, las edificaciones, hasta ese momento, aproximadamente, se construían bajo la aplicación de reglamentaciones sismorresistentes que poseen menores requerimientos en relación con los avances que registran los reglamentos más modernos o bien

basados en consideraciones y requerimientos que existían y que se utilizaban en la práctica de la construcción.

Los edificios, emplazados dentro del clúster temporal de estudio, se construían con algunas recomendaciones para soportar la acción sísmica que ya provenían de otras partes del mundo, o bien, con el solo hecho de la experiencia transmitida por los propios constructores según las prácticas que aplicaban y según las experiencias de aquellas épocas.

Debido a la gran cantidad de edificios con destino educacional en la región, y donde cada edificación posee, en general, distintos cuerpos estructurales que la componen, lo que implica una gran labor para estudiarlos en profundidad a todos, se propone, en primera instancia, métodos cualitativos para establecer la seguridad estructural. Esta es una de las razones por la cual se ha realizado la adecuación del método cualitativo que tiene como base al desarrollado por Benedetti y Petrinni para el “Gruppo Nazionale per la Difensa dei Terremoti” de Italia (G.N.R.T. 1993) (Pizarro, N. F. 2016), para poder conocer, lo más ágil y sencillo posible, la seguridad estructural sismorresistente de aquellos edificios que se encuentran comprendidos en el área de estudio. El objetivo es detectar aquellos cuerpos estructurales vulnerables que deben ser analizados con métodos cuantitativos y de manera más rigurosa.

Si bien el método posee una serie de parámetros de estudio que pueden ser determinantes en la agilidad del relevamiento, se simplificaron los ítems de análisis de cada parámetro y se colocaron condiciones de base antes de analizar cada parámetro.

En la adecuación realizada del método de Benedetti y Petrinni se ha incluido en la determinación de la seguridad a los “elementos no estructurales” como, por ejemplo: vidrios, sistema de iluminación, entre otros, y también a los elementos “partes de la construcción”, como, por ejemplo: tanques de reserva de agua, vuelcos de muros desvinculados de la estructura principal, etc. El análisis de estos dos últimos tipos de elementos no se presenta en este trabajo por cuestiones de extensión del mismo.

Enfatizando, es muy común que las escuelas posean distintos cuerpos estructurales, desvinculados unos de otros, lo que implica que cada una de esas estructuras deben ser analizadas independientemente.

En el presente estudio se presenta el caso de 4 (cuatro) establecimientos realizando la evaluación de cada escuela en cada uno de los cuerpos estructurales que constituyen el establecimiento completo. Si bien el método no es uno de los métodos cualitativos existentes más ágiles, se adoptó la base del método desarrollado por Benedetti y Petrinni porque no depende de la experiencia profesional de un especialista (evaluación por expertos) en el tema. La valoración se la puede realizar directamente en forma visual. Se lo adecuó de forma tal que cualquier profesional afín o estudiantes avanzados de Ingeniería Civil lo puedan aplicar tan solo con algunas indicaciones y con el llenado de planillas de relevamiento preparadas para tal caso.Las modificaciones realizadas dependen mucho de la importancia que se le da a cada parámetro de análisis. Estos representan los requerimientos más significativos para construcciones sismorresistentes. La adecuación del método de Benedetti y Petrinni se ha realizado tomando como base el reglamento sísmico local considerando del mismo, los aspectos más relevantes que permitan garantizar la seguridad de la obra existente. Evaluaciones realizadas y comparadas con otros procedimientos arrojan resultados similares.

2. METODOS DE LA EVALUACION DEL EDIFICIO

Con las planillas de relevamiento confeccionadas para tal fin (PIZARRO, N. F. 2016) se completa la Tabla 1 y posteriormente se aplica la ccuación 1. En esta primera parte del procedimiento, ya se observan diferencias con otras metodologías realizadas por otros investigadores. Se presentan las valoraciones del tipo de construcción (Ki) y el peso (Wi) de importancia de cada parámetro en cuanto a la sismorresistencia (Tabla 1). Como, en nuestro caso, la clase de construcción toma los valores 0 (cero), 1 (uno) y 2 (dos) para Ki, respectivamente a las categorías A, B y C que el método propone, la tabla se simplifica.

En la Figura 1 y en la Figura 2 se muestra las adecuaciones realizadas por otros profesionales, comparadas con la adecuación realizada para este trabajo. Hay que notar la diferencia de importancia que se le da a cada parámetro. En dichas figuras se presenta en forma porcentual del total del valor del Iv.

Tabla 1: Parámetros de estudio. Producto entre Ki (tipo de construcción) y Wi (peso de importancia de cada parámetro en la seguridad sismorresistente de la construcción) para el cálculo de Iv.

Parámetro	Wi * Ki		
	A	B	C
Organización del sistema resistente	0	5	10
Calidad del sistema resistente	0	2	4
Resistencia convencional	0	7,5	15
Posición del edificio y fundación	0	2,5	5
Entrepiso y/o cubierta	0	3	6
Configuración de la planta	0	6,5	13
Configuración en elevación	0	7,5	15
Conexión entre elementos críticos	0	1,5	3
Elementos de baja ductilidad	0	7,5	15
Estado de conservación	0	5	10
Modificaciones constructivas	0	2	4

$$Iv = \Sigma \, Wi \, . \, Ki \qquad (1)$$

De acuerdo con el procedimiento del método original, el valor máximo es 90. En tanto, en el método adecuado para el presente trabajo, los valores que toma este índice varían de 0 (cero) a 100 (cien). La construcción es más vulnerable mientras mayor sea el valor hallado del índice Iv.

Con el valor del Iv se ingresa en la “tabla 2”, en la cual se indica el nivel de vulnerabilidad y las acciones recomendadas a seguir.

Tabla 2: Nivel de vulnerabilidad y las acciones a seguir.

[0;9]	No vulnerable	No requiere tomar medidas
[9;25]	Poco vulnerable	Mantener en observación parámetros vulnerables
[25;55]	Medianamente vulnerable	Seguimiento periódico anual
[55;65]	Vulnerable	Tomar medidas especiales
[65;80]	Muy vulnerable	Tomar medidas especiales urgente
[80;100]	Extremadamente vulnerable	Se sugiere su inhabilitación y/o demolición

Existen otros investigadores que han considerado otros valores de parámetros, tanto de la clase de la construcción Ki y del peso Wi, el cual considera su importancia para una construcción sismorresistente. En la Figura 1 y en la Figura 2 se muestra la variación de la puntuación de algunos parámetros según 3 autores elegidos. En la gráfica se puede observar el peso que cada autor le atribuye a un determinado aspecto de la edificación que denota una gran variabilidad de criterios, especialmente en definir los ítems que mayor incidencia tienen en el resultado de la valoración.

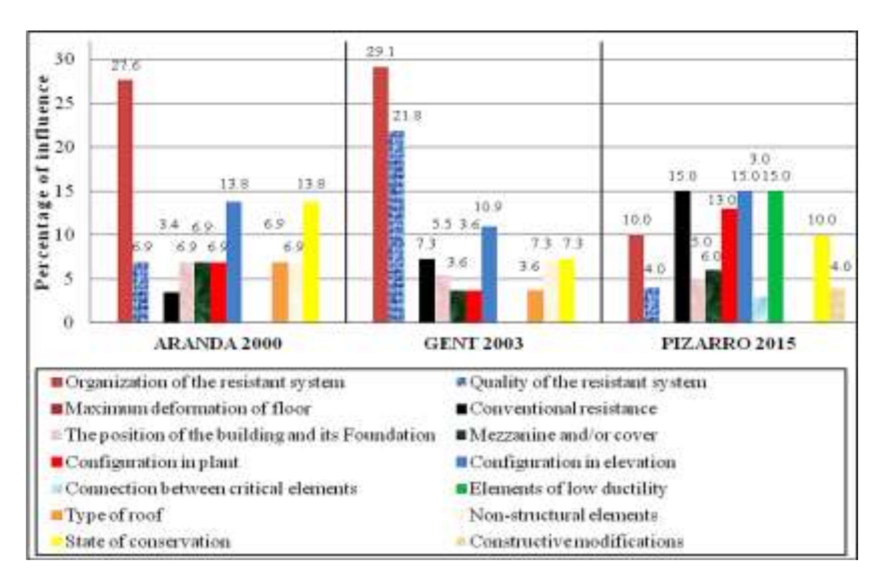


Figura 1. Comparación de la valoración de los parámetros según Aranda, P. (2000) y Gent, K. et al. (2005) con respecto a la de Pizarro, N. (2016)

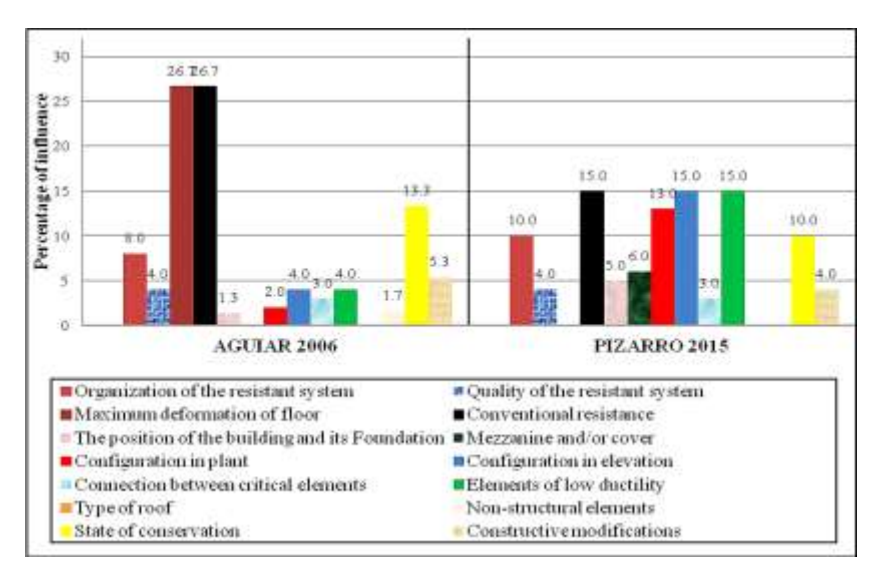


Figura 2. Comparación de la valoración de los parámetros de Aguiar Falconí, R. et al. (2006) con respecto a la de Pizarro, N. (2016)

Si se analizan las figuras precedentes, se destacan dos características muy notables en cuanto a la diferencia con el método que se ha aplicado en el presente trabajo. El primero es que, la distribución porcentual es mucho más distribuida entre los distintos parámetros y la segunda es que, se han incluido las modificaciones constructivas, ampliaciones o remodelaciones, muy habituales en las escuelas, y se ha omitido, en esta escala, los elementos no estructurales proponiéndose que la valoración de ellos debería realizarse por separado. Los antecedentes indican que en muchos casos los edificios pueden quedar inoperativos por los elementos no estructurales que por la propia estructura.

Un ejemplo de la aplicación de este método se muestra en la Tabla 3 para un cuerpo estructural de una escuela determinada.

Con relación al segundo método utilizado, se han adecuado las planillas del RVS (2015), Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards, que también es un método cualitativo, propuesto por el FEMA P-154 (2015). Este método presenta 2 (dos) planillas, denominadas Nivel 1 (evaluación de todo lo que se pueda ver por fuera en general) y Nivel 2 (evaluación de todo lo que se pueda ver por dentro en general). Se han adecuado las planillas, simplificándolas para el análisis de la seguridad de edificaciones del clúster en estudio en el presente trabajo. La planilla de Nivel 1 es muy genérica en su aplicación y la planilla Nivel 2 amplía y complementa la evaluación mediante la observación de otros factores que incluyen requerimientos sismorresistentes en la estructura. No siempre es de fácil aplicación, dependiendo del sistema estructural que posea el edificio.

También, la adecuación realizada al FEMA P-154 (2015) en su versión original, se debe a que, en esta metodología, se incluyen una gran cantidad sistemas constructivos, tanto en los distintos tipos de sistemas estructurales específicamente como también en los materiales utilizados, situación que

representa una realidad de Estados Unidos de Norte América, de donde proviene el FEMA P-154 (2015). Esto no ocurre en zonas sísmicas de la Argentina. Por este motivo se han eliminado en las planillas a aquellos que no son representativos por la forma de construcción que se tiene en la zona Centro-Norte de la provincia de Mendoza, Argentina, que, como se ha indicado anteriormente, es catalogada como una zona de elevado riesgo sísmico. La implementación de este método se lo ha utilizado para comparar los resultados con el método descrito precedentemente (Pizarro, N. F. (PIZARRO, N. F. 2016)) y tiene por objeto obtener información para constatar resultados.

Tabla 3: Muestra de aplicación de presentación de resultado obtenido para un cuerpo estructural de una escuela determinada.

N°	Factor de vulnerabilidad	Clase del edificio	Puntaje
1	Organización del sistema resistente	C	10
2	Calidad del sistema resistente	C	4
3	Resistencia convencional	C	15
4	Posición del edificio y fundación	A	0
5	Diafragmas horizontales	C	6
6	Configuración en planta	C	13
7	Configuración en elevación	A	0
8	Conexión entre elementos críticos	C	3
9	Elementos de baja ductilidad	C	15
10	Estado de conservación	B	5
11	Modificaciones constructivas	B	2
			73

Iv y acción a seguir
Iv = 73
Clasificación: Muy Vulnerable
Acción: **Tomar medidas especiales urgentes**

El método del Iv arroja un valor que va del 0 (cero) al 100 (cien), como se mencionó anteriormente, (Tabla 1), que otorga una valoración de la edificación y las medidas propuestas a tomar. En cambio, mediante la aplicación de la metodología FEMA P-154 se obtiene un valor que va desde el 0 (cero) hasta un valor máximo cercano a 3,5 (tres y medio), aproximadamente, denominado S´.

Con la adecuación de este último, los valores obtenidos pueden llegar a una puntuación final S´ = 3, aproximadamente, situación que implica que hay una probabilidad de 1 en 1000 que el edificio colapsará si ocurre el terremoto de diseño. Una puntuación S´ = 2 implica que hay una probabilidad de 1 en 100 de la situación comentada.

El método permite definir un valor, previamente determinado a su aplicación, que se lo denomina valor de corte. Este valor es definido por los evaluadores teniendo en cuenta las características constructivas, el destino de la edificación, entre otros aspectos. En nuestro caso de estudio se ha adoptado que el valor de corte, valor para el cual el edificio escolar ya es medianamente vulnerable, es igual a 1.

Según esta forma de puntuación surge el problema de comparación entre ambos métodos. El método propuesto por Pizarro (PIZARRO, N. F. 2016) conduce a valores directamente proporcionales a lo vulnerable de la construcción y en el método propuesto por FEMA, la relación de vulnerabilidad es inversamente proporcional. Otro aspecto para destacar es la comparación numérica directa la cual es muy dispar. Por estos motivos se ha desarrollado una ecuación (ecuación 2) para extrapolar la valoración del FEMA P-154 (2015) a la que corresponde al índice de vulnerabilidad (PIZARRO, N. F. 2016). La ecuación de dicha extrapolación ha sido representada en la Figura 3.

$$I_v = 8.4813\,(S')^2 - 56.445\,(S')^2 + 100 \quad (2)$$

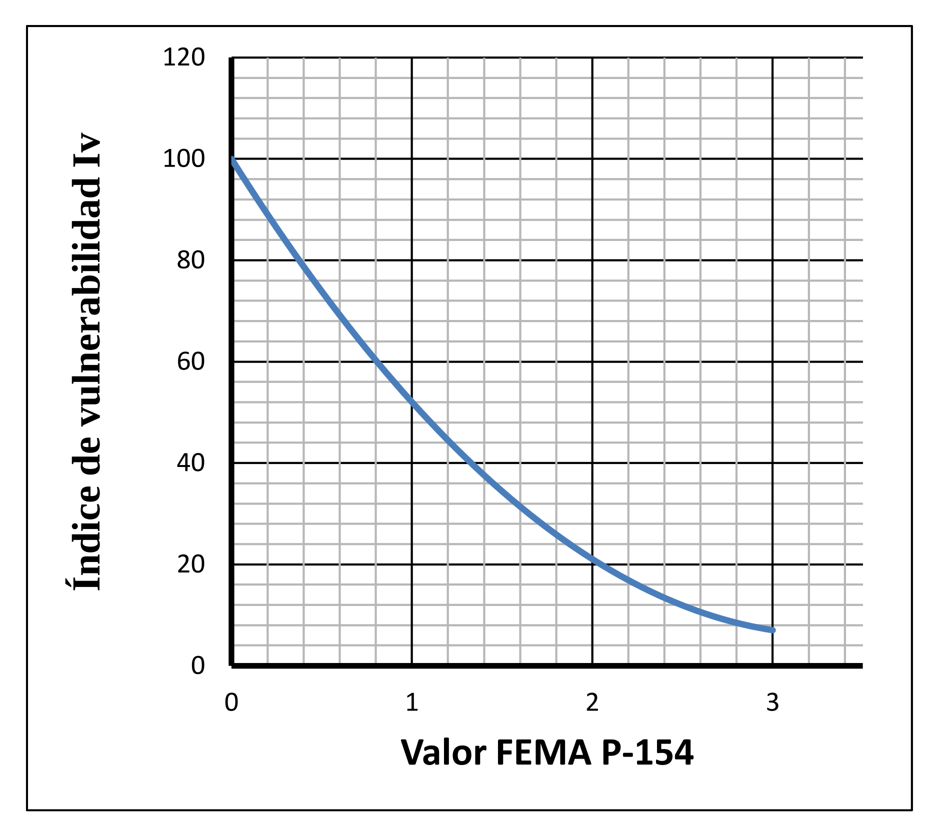


Figura 3. Curva de extrapolación entre el valor obtenido para la aplicación del método FEMA P-154 (RVS) y el del Índice de vulnerabilidad Iv de Pizarro (PIZARRO, N. F. 2016).

Como un caso de estudio, se presente para un cuerpo estructural de una escuela las planillas del Nivel 1: Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6 y las del Nivel 2: Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9 de la metodología FEMA P-154. Finalmente, en la "Tabla 10" se complementan las del Nivel 1 más las del Nivel 2.

Tabla 4: Primera parte de la Planilla Nivel 1 aplicada a uno de los edificios escolares estudiados

Escuela … - Nivel de evaluación primaria - NIVEL 1					
Exploración Visual Rápida de Edificios Educacionales para conocer la Vulnerabilidad Sísmica. Adaptación FEMA P-154 - Formulario de recolección de datos para zonas de alta Sismicidad.					
REALIZAR UN CIRCULO EN LO QUE CORRESPONDA					
FOTOGRAFÍA	Dirección:		Zona de evaluación		
	Otros identificadores:		Cuerpo estructural		
	Nombre del establecimiento:		Escuela		
	Fecha de diseño:	Se desconoce	Fecha de construcción:	Se desconoce	
	Inspector responsable:	Ing. Nery Pizarro			
	Fecha: 7/3/2019				
	Existencia de Reglamentación Sismorresistente:			SI NO	
	Número de niveles, tipo y superficie cubierta:	Nivel 1 - Diafragma:	Rígido Flexible	Superficie cubierta [m2]: 360	
		Nivel 2 - Diafragma:	Rígido Flexible	Superficie cubierta [m2]: 360	
		Nivel 3 - Diafragma:	Rígido Flexible	Superficie cubierta [m2]:	
	Tipo de suelo:	Generalmente C o D, Salvo problemas			
	Construcción ampliación:	Nivel 1 - Diafragma:	Rígido Flexible	Superficie cubierta [m2]:	
		Nivel 2 - Diafragma:	Rígido Flexible	Superficie cubierta [m2]:	
		Nivel 3 - Diafragma:	Rígido Flexible	Superficie cubierta [m2]:	
BOSQUEJO EN PLANTA DE SER POSIBLE	**Riesgos Geológicos:**				
	Licuefacción:	Sí	No	No se sabe	
	Posibilidad de deslizamientos:	Sí	No	No se sabe	
	Proximidad de otros edificios que puedan afectarlo [m]				
	Golpeteo: Sí / No	Caída: Sí / No	Otros: Sí / No	Cuál: Tanque de agua sobre cubierta flexible	
	Irregularidades del edificio:				
	En Altura:	Sí No	Tipo:	Severa Moderada	
	En Planta:	Sí No	Tipo:	Severa Moderada	
	Otros peligros propios del edificio:				
	COMENTARIOS:				

Tabla 5: Segunda parte de la Planilla Nivel 1 aplicada a uno de los edificios escolares estudiados.

Clasificación de la estructura. Si en una misma estructura coexisten más de una tipología hay que marcar las dos y como comentario colocar la razón.		C1 (MRF9 Pórtico de Hormigón Armado	C2 (SO) Tabiques de Hormigón Armado	C3 (URM INF) Pórticos de Hormigón Armado con relleno de mampostería	RM1 (FD) Mampostería encadenada sobre suelo flexible y diafragma Rígido	RM2 (RD) Mampostería encadenada sobre suelo no flexible y diafragma Rígido	URM Mampostería encadenada y diafragma Flexible
Puntuación de base para SL1		2	3	2,5	1,5	2	2
VL1	Irregularidad Vertical Severa	-0,9	-1	-0,7	-0,9	-0,9	-0,7
	Irregularidad Vertical Moderada	-0,5	-0,6	-0,4	-0,5	-0,5	-0,4
PL1	Irregularidad Horizontal en Planta	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,7	-0,4
R	Pre - Reglamentación	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,5	0
	Post – Aplicación del Reglamento	1,9	2,1	N / A	2,1	2,1	2,5
S1	Tipo de suelo C o D	0,4	0,5	0,3	0,5	0,5	0,3
	Tipo de suelo E	0	0	-0,2	-0,1	-0,1	-0,2
Puntaje calculado		1,1					1,6
Puntuación mínima, Smín		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2
Puntaje Nivel 1: SL1=		**1,1**					

Tabla 6: Tercera parte de la Planilla Nivel 1 aplicada a uno de los edificios escolares estudiados.

MEDIDA DE REVISIÓN					
Exterior:	Sí / No	Todos los lados	Sí / No	Aéreo	Sí / No
Interior:		Visible	Sí / No	Ingresó	Sí / No

Tabla 7: Primera parte de la Planilla Nivel 2 aplicada a uno de los edificios escolares estudiados.

Modificadores del puntaje para agregar y ajustar la puntuación de la evaluación primaria.				
Tema	Parámetros de estudio (Si es afirmativo realizar un circulo en el puntaje, de lo contrario tacharlo). Solamente se puede marcar uno por título del parámetro según el tema analizado.		Sí	Subtotales
Irregularidad Vertical, VL2	Pendiente del terreno	Hay un cambio de pendiente grande al menos en un costado del edificio.	-0,2	/
	Zonas estructurales Débiles y/o piso blando	La longitud del sistema estructural, de cualquier nivel, es menor que 50% del nivel anterior o la altura de cualquier nivel es más de 2 veces la altura de la altura del nivel anterior.	-0,7	/
		La longitud del sistema estructural, de cualquier nivel, está comprendida entre el 50% al 75% del nivel anterior o la altura de cualquier nivel es de 1,3 a 2 veces la altura del nivel anterior.	-0,4	/
	Desplazamiento de la estructura	Algún elemento vertical estructural en un nivel superior quede fuera de la línea del elemento vertical estructural del nivel anterior de forma tal que se forme una viga Cantilever.	-0,7	/
		Algún elemento vertical estructural en un nivel superior está fuera de línea pero por dentro de los que están en el nivel inferior.	-0,4	/
		Hay un desplazamiento de un elemento vertical estructural en planta y en su plano que es mayor que la altura de dicho elemento.	-0,2	/

	Columna Corta	La altura de una columna de pórtico es menor que la mitad de la altura restringida porque hay muros de relleno que acorta la longitud libre.	-0,4			
	División de Niveles	Hay una división en altura de algún nivel en alguna parte de la estructura.	-0,4	/		
	Otras Irregularidades	Hay una irregularidad grave vertical observable que obviamente afecta el comportamiento sísmico del edificio.	-0,7	/	VL2=	-0,8
		Hay una irregularidad moderada vertical observable que obviamente afecta el comportamiento sísmico del edificio.	-0,4		Mínimo=	-0,9

Tabla 8: Segunda parte de la planilla Nivel 2 aplicada a uno de los edificios escolares estudiados.

Irregularidad en planta, PL2	Irregularidad torsional: Sistema estructural en planta no está bien distribuida en una o ambas direcciones de cálculo.		-0,5	/		
	Sistema estructural no paralelo: Hay uno o más elementos estructurales principales verticales del sistema que no son ortogonales entre sí.		-0,2	/		
	Esquina entrante: en una o ambas direcciones, la longitud desde una esquina hasta el sistema estructural en planta supera el 25% de la longitud del edificio en la dirección correspondiente.		-0,2	/		
	Aberturas en un diafragma rígido: Hay una abertura en el diafragma con una de sus longitudes de más del 50% de la longitud total de diafragma en ese nivel.		-0,2	/		
	Las vigas de pórtico no se alinean con las columnas (en planta)		-0,2		PL2=	-0,2
	Otra singularidad: Hay otra singularidad en planta observable que obviamente afecta el comportamiento sísmico del edificio.		-0,5	/	Mínimo -0,7	
Redundancia , R	El edificio tiene al menos dos tramos de elementos estructurales laterales (muy cerca de los bordes de la planta) en cada dirección del edificio.		-0,2	/	Máximo 0,2	0
Golpeteo = G	Edificio se separa de una estructura adyacente por menos el 1,5% de la altura del edificio más bajo y según la estructura adyacente se cumple:	Los pisos no se alinean verticalmente dentro de los 60 cm.	-0,7	/	Mínimo puntaje -0,9	0
		Uno de los edificios es de 2 o más pisos más alto que el otro.	-0,7	/		
		El edificio vecino se encuentra a continuación del extremo del edificio en estudio.	-0,4	/		
Edificio C1	La losa sirve como viga de pórtico (entrepiso sin vigas)		-0,3	/	Mínimo -0,3	0
PC1 / RM1 Bigd	Hay un vínculo entre muro y losa que son visibles o conocido.		0,2		Máximo 0,3	0,3
	El edificio posee muros interiores (o en el contorno) de altura completa (del piso hasta la viga superior)		0,2			
URM	Hay muros apuntalados.		-0,3	/	Mínimo -0,3	0
MH	Existe una estructura Sismorresistente suplementaria a la principal		0,5	/	Máximo 0,5	0
Modernidad	Hay planos de la estructura Sismorresistente		1,2	/	Máximo 1,2	0

Tabla 9: Final de la evaluación secundaria de la Planilla Nivel 2 aplicada a uno de los edificios escolares estudiados.

FINAL EVALUACIÓN SECUNDARIA	SL2=	-0,7	SL2min=	-1,2	Transferir al formato 1	-0,7
Hay un daño o deterioro observable u otra condición que afecta negativamente el desempeño sísmico del edificio.		Sí	No	Comentario: se observan descensos de columnas (asentamientos) en el suelo y algunas deterioradas en pié de columna.		
En caso afirmativo, describir la condición en el cuadro de comentarios a continuación e indicar en el formulario de la evaluación primaria bien detalladamente (de nivel 1) y que es lo que se requiere realizar. Independientemente de la puntuación del edificio.						

Tabla 10: Evaluación final aplicada a uno de los edificios escolares estudiados.

Nombre Edificio:		Escuela		Nivel 1 Puntuación Final: SL1 =		1,1
Puntaje Nivel 2: SL2 =		-0,7				
Fecha:	7/3/2019	PUNTAJE AJUSTADO =	S'MIN = SL1 – SL2 =	0	S' = SL1 – SL2 =	0,4
Corresponde a una vulnerabilidad transpolada a la propuesta Pizarro, N. 2016 de un Iv =						79
Acciones:	Muy Vulnerable	Tomar medidas especiales urgentes			Por fuera y por dentro	
Acciones:	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual			Únicamente por fuera	

3. METODOLOGÍA

Para concretar los casos de estudio se procedió a realizar una preselección de los edificios escolares a estudiar. De esa instancia se seleccionaron cuatro edificios escolares cuyos resultados son tratados en el presente trabajo.

Se prepararon, para cada una de ellas, las planillas de relevamiento para el cálculo de la seguridad estructural, tanto por el método del Iv como el del RVS.

Se conformaron dos equipos de trabajo con profesionales y alumnos de los últimos años de la carrera de Ingeniería Civil. No se incorporan a los grupos los profesionales denominados “expertos” (Maldonado Rondon, E., et al. 2007), autores del presente trabajo, para no influir en los resultados que obtuvieran los equipos. Ambos equipos fueron a los establecimientos para realizar el correspondiente relevamiento. Esto no se hizo de forma simultánea para lograr mejores resultados que no fueran influyentes.

En gabinete se completaron las planillas pasándolas a formato electrónico y si se observaba alguna falta de datos se regresaba al edificio para completarlo.

Se numeraron las escuelas, en este caso se presentan del 1 al 4, y se identificaban también numéricamente los cuerpos estructurales independientes que posee toda la edificación. Algunas con un cuerpo y otras hasta 5 (cinco) cuerpos estructurales. Esto se lo observará en los resultados que se presentarán en el próximo apartado.

Las escuelas analizadas se presentan con numeración y no con el nombre de ella, esto se debe a que los resultados no puedan ser divulgados en forma masiva porque podrían provocar un impacto socioeconómico severo debido a las personas que hacen uso de ellas, fundamentalmente estudiantes pequeños.

Como el relevamiento de cada una fue realizada por dos equipos distintos, se realizó en gabinete una comparación de los resultados obtenidos por ellos. Si existía una gran diferencia en algún aspecto, mediante fotografías o bien, regresando al establecimiento se solucionaban las diferencias.

Finalmente se confeccionaron planillas comparativas de resultados para ambos métodos y, mediante análisis de estas se obtenían las conclusiones.

4. RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados obtenidos por cada escuela y por cada cuerpo estructural que conforman la edificación.

Para el caso de la presentación del Iv, no se presentan las planillas de relevamiento sino solamente el resultado numérico final del análisis, la calificación de su vulnerabilidad y las medidas a tomar. También se presentan algunas

fotografías características de cada escuela. (Tabla 11, Figura 4, Figura 5 y Figura 6. Tabla 12, Figura 7, Figura 8, Figura 9, Figura 10, Figura 11 y Figura 12. Tabla 13, Figura 13. Tabla 14, Figura 14, Figura 15, Figura 16, Figura 17, Figura 18 y Figura 19).

Tabla 11: Escuela N°1. Cuerpo Único

Iv y Acción a seguir
Iv = 58
Clasificación: Vulnerable
Acción: Tomar medidas especiales



Figura 4. Patología en losa y gran excentricidad entre viga y columna de pórtico.





Figura 5 y 6. Gran peso del tanque para reserva de agua con probable caída por un sismo sobre una cubierta liviana que no lo soportaría.

Tabla 12: Escuela N°2. Cuerpos 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente.

Iv y Acción a seguir	Iv y Acción a seguir	Iv y Acción a seguir	Iv y Acción a seguir	Iv y Acción a seguir
Iv = 48	Iv = 56	Iv = 80,5	Iv = 19	Iv = 49
Clasificación: Medianamente Vulnerable	Clasificación: Vulnerable	Clasificación: Extremadamente Vulnerable	Clasificación: No Vulnerable	Clasificación: No Vulnerable
Acción: Seguimiento periódico anual	Acción: Tomar medidas especiales	Acción: Se sugiere su inhabilitación y/o demolición	Acción: No requiere tomar medidas	Acción: No requiere tomar medidas



Figura 7. Verificando probabilidad de caso de columna corta.



Figura 8. Degradación del hormigón y la armadura en pie de columna



Figura 9. Degradación del hormigón y la armadura en pie de columna



Figura 10. Refuerzo estructural en columna.



Figura 11. Patología en losa por rotura de desagües de baños.



Figura 12. Patología en cubierta de madera por pérdida de aislación hidráulica. Contacto con red eléctrica.

Tabla 13: Escuela N°1. Cuerpo Único

Iv y Acción a seguir
Iv = 71
Clasificación: Muy Vulnerable
Acción: Tomar medidas especiales



Figura 13. Problemática de columna corta en todo el frente del edificio.

Tabla 14: Escuela N°4. Cuerpos 1, 2 y 3 respectivamente.

Iv y Acción a seguir	Iv y Acción a seguir	Iv y Acción a seguir
Iv = 93	Iv = 84,5	Iv = 73
Clasificación: Extremadamente Vulnerable	Clasificación: Muy Vulnerable	Clasificación: Muy Vulnerable
Acción: Se sugiere su inhabilitación y/o demolición	Acción: Tomar medidas especiales	Acción: Tomar medidas especiales



Figura 14: Rotura pie de columna y punzamiento.

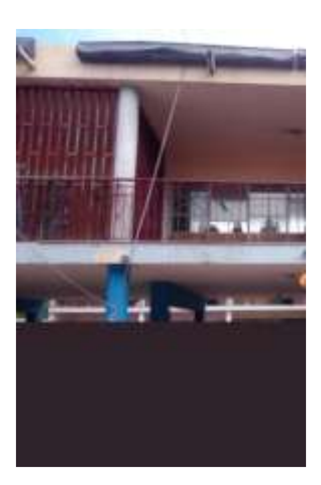


Figura 15: Entrepiso sin vigas.



Figura 16: Patología en mampostería y columna corta en planta alta.



Figura 17: Piso flexible en planta baja y columna corta en planta alta.




Figura 18: Patología en cubierta de techo.



Figura 19: Hundimiento de la estructura. Deformación del piso.

En el caso de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica según el FEMA P-156, se presentan los valores de los resultados finales obtenidos y el de la aplicación de la curva de interpolación. Mostrada en la Figura 3 (Tabla 15, Tabla 16, Tabla 17, Tabla 18, Tabla 19, Tabla 20, Tabla 21, Tabla 22, Tabla 23 y Tabla 24)

En este caso aparecen 3 valores, el primero es solamente el resultado de la aplicación de la planilla Nivel 1, luego el de la aplicación de la planilla del Nivel 2 y finalmente el de la aplicación de la complementación de los dos Niveles como resultado final.

Hay que destacar que la metodología FEMA P-154 puede ser aplicada a edificaciones sin necesidad de entrar a las mismas, analizando sus fachadas visibles, el conocimiento del tipo de suelo, el entorno y los edificios adyacentes según lo expresado en su manual de aplicación (2015). De esta forma se puede llegar a obtener resultados muy distintos si no se puede acceder al interior de la edificación. Este impedimento, en el manual de aplicación (2015), se propone salvar mediante la utilización de una visualización satelital. En la mayoría de los casos, las imágenes satelitales no solucionan el problema porque se desconocen algunos ítems para la evaluación que solo pueden cuantificarse ingresando al interior del edificio.

En el presente trabajo y dado que se tuvo acceso al interior de los edificios, para obtener la información del Iv, se logró el llenado completo de las dos planillas de relevamiento.

Tabla 15: Escuela N°1. Cuerpo único

Nombre edificio:	Escuela N°1 – Cuerpo único.		
Por fuera únicamente SL1			
Nivel 1 Puntuación Final:	SL1 =	1.1	Transpolado Iv = 48
Acciones:	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual	
Por fuera y por dentro S’			
Puntaje Nivel 2: SL2 =	-0,7		
PUNTAJE AJUSTADO =	S’ = SL1 – SL2 =	0,4	Transpolado Iv = 79
Acciones:	Muy Vulnerable	Tomar medidas especiales urgentes	

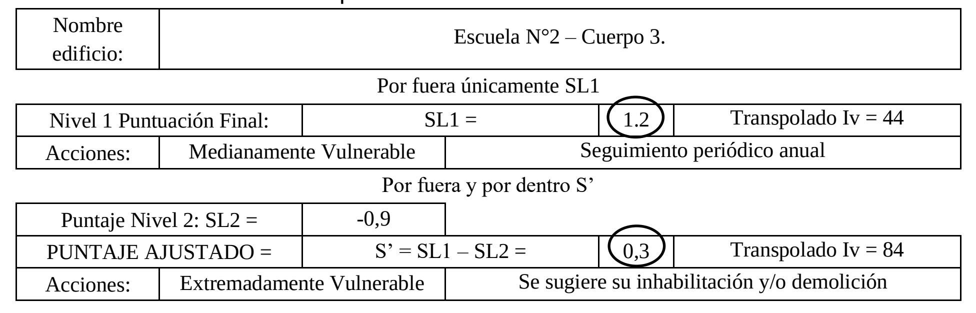
Tabla 16: Escuela N°2. Cuerpo 1

Nombre edificio:	Escuela N°2 – Cuerpo 1.		
Por fuera únicamente SL1			
Nivel 1 Puntuación Final:	SL1 =	1.6	Transpolado Iv = 31
Acciones:	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual	
Por fuera y por dentro S’			
Puntaje Nivel 2: SL2 =	-0,2		
PUNTAJE AJUSTADO =	S’ = SL1 – SL2 =	1,4	Transpolado Iv = 38
Acciones:	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual	

Tabla 17: Escuela N°2. Cuerpo 2

Nombre edificio:	Escuela N°2 – Cuerpo 2.		
Por fuera únicamente SL1			
Nivel 1 Puntuación Final:	SL1 =	1.2	Transpolado Iv = 44
Acciones:	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual	
Por fuera y por dentro S’			
Puntaje Nivel 2: SL2 =	-0,4		
PUNTAJE AJUSTADO =	S’ = SL1 – SL2 =	0,8	Transpolado Iv = 60
Acciones:	Vulnerable	Tomar medidas especiales	

Tabla 18: Escuela N°2. Cuerpo 3



Nombre edificio:	Escuela N°2 – Cuerpo 3.		
Por fuera únicamente SL1			
Nivel 1 Puntuación Final:	SL1 =	1.2	Transpolado Iv = 44
Acciones:	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual	
Por fuera y por dentro S’			
Puntaje Nivel 2: SL2 =	-0,9		
PUNTAJE AJUSTADO =	S’ = SL1 – SL2 =	0,3	Transpolado Iv = 84
Acciones:	Extremadamente Vulnerable	Se sugiere su inhabilitación y/o demolición	

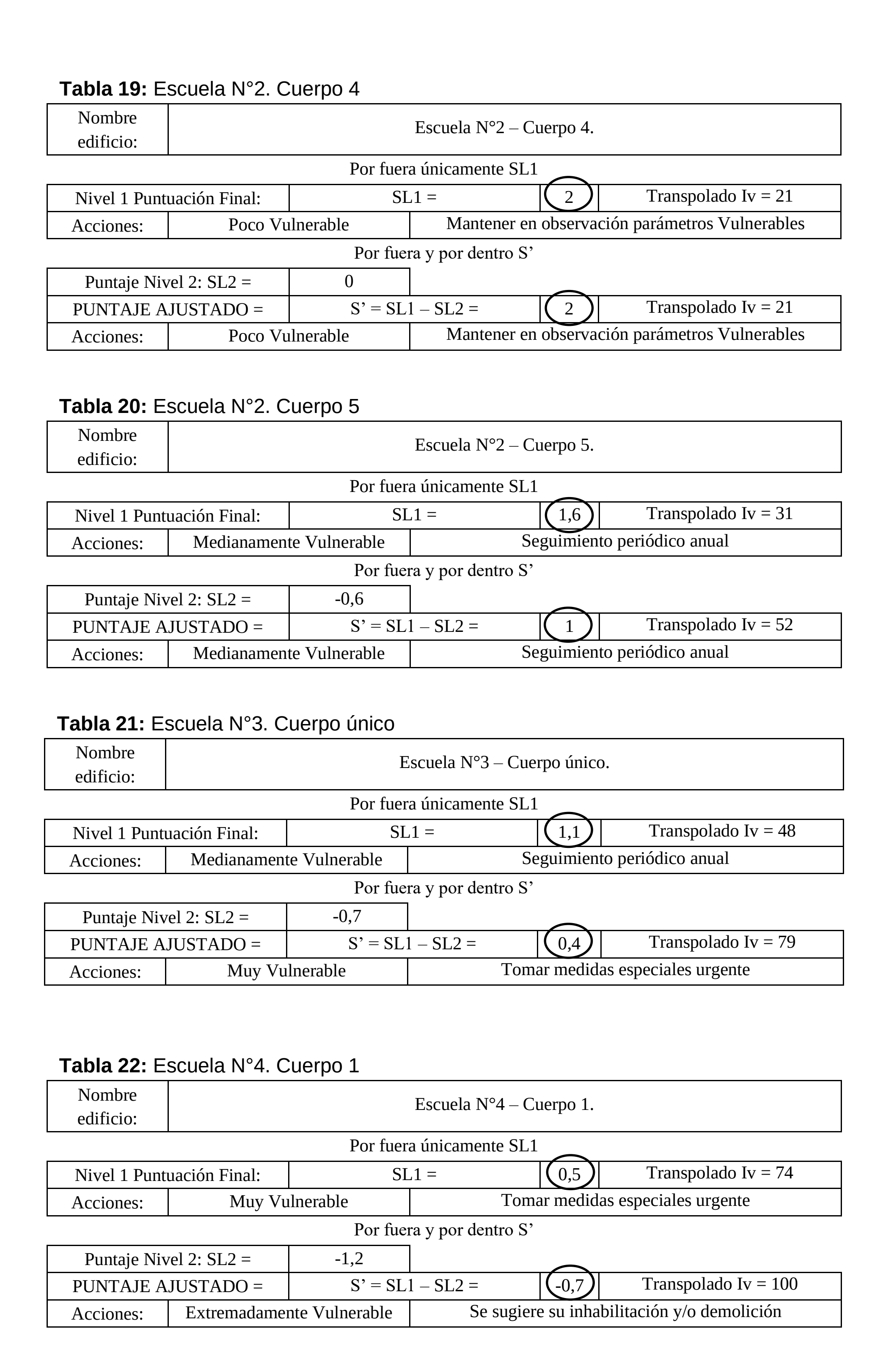


Tabla 19: Escuela N°2. Cuerpo 4

Nombre edificio:	Escuela N°2 – Cuerpo 4.		
Por fuera únicamente SL1			
Nivel 1 Puntuación Final:	SL1 =	2	Transpolado Iv = 21
Acciones:	Poco Vulnerable	Mantener en observación parámetros Vulnerables	
Por fuera y por dentro S’			
Puntaje Nivel 2: SL2 =	0		
PUNTAJE AJUSTADO =	S’ = SL1 – SL2 =	2	Transpolado Iv = 21
Acciones:	Poco Vulnerable	Mantener en observación parámetros Vulnerables	

Tabla 20: Escuela N°2. Cuerpo 5

Nombre edificio:	Escuela N°2 – Cuerpo 5.		
Por fuera únicamente SL1			
Nivel 1 Puntuación Final:	SL1 =	1,6	Transpolado Iv = 31
Acciones:	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual	
Por fuera y por dentro S’			
Puntaje Nivel 2: SL2 =	-0,6		
PUNTAJE AJUSTADO =	S’ = SL1 – SL2 =	1	Transpolado Iv = 52
Acciones:	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual	

Tabla 21: Escuela N°3. Cuerpo único

Nombre edificio:	Escuela N°3 – Cuerpo único.		
Por fuera únicamente SL1			
Nivel 1 Puntuación Final:	SL1 =	1,1	Transpolado Iv = 48
Acciones:	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual	
Por fuera y por dentro S’			
Puntaje Nivel 2: SL2 =	-0,7		
PUNTAJE AJUSTADO =	S’ = SL1 – SL2 =	0,4	Transpolado Iv = 79
Acciones:	Muy Vulnerable	Tomar medidas especiales urgente	

Tabla 22: Escuela N°4. Cuerpo 1

Nombre edificio:	Escuela N°4 – Cuerpo 1.		
Por fuera únicamente SL1			
Nivel 1 Puntuación Final:	SL1 =	0,5	Transpolado Iv = 74
Acciones:	Muy Vulnerable	Tomar medidas especiales urgente	
Por fuera y por dentro S’			
Puntaje Nivel 2: SL2 =	-1,2		
PUNTAJE AJUSTADO =	S’ = SL1 – SL2 =	-0,7	Transpolado Iv = 100
Acciones:	Extremadamente Vulnerable	Se sugiere su inhabilitación y/o demolición	

Tabla 23: Escuela N°4. Cuerpo 2

Nombre edificio:	Escuela N°4 – Cuerpo 2.			
Por fuera únicamente SL1				
Nivel 1 Puntuación Final:	SL1 =		1,1	Transpolado Iv = 48
Acciones:	Muy Vulnerable	Tomar medidas especiales urgente		
Por fuera y por dentro S'				
Puntaje Nivel 2: SL2 =	-1,2			
PUNTAJE AJUSTADO =	S' = SL1 – SL2 =		-0,1	Transpolado Iv = 100
Acciones:	Extremadamente Vulnerable	Se sugiere su inhabilitación y/o demolición		

Tabla 24: Escuela N°4. Cuerpo 3

Nombre edificio:	Escuela N°4 – Cuerpo 3.			
Por fuera únicamente SL1				
Nivel 1 Puntuación Final:	SL1 =		0,5	Transpolado Iv = 74
Acciones:	Muy Vulnerable	Tomar medidas especiales urgente		
Por fuera y por dentro S'				
Puntaje Nivel 2: SL2 =	-1,2			
PUNTAJE AJUSTADO =	S' = SL1 – SL2 =		-0,7	Transpolado Iv = 100
Acciones:	Extremadamente Vulnerable	Se sugiere su inhabilitación y/o demolición		

Finalmente se presentan dos tablas que resumen los resultados obtenidos y acompañados por la comparación de los mismos acordes a los métodos aplicados para la valoración de la vulnerabilidad sísmica de los edificios educacionales que se presentan en este trabajo. (Tabla 25, Tabla 26 y Figura 20)

Tabla 25: Tabla resumen y de comparación, Iv y FEMA P-156 Nivel 1

Escuela N°	Cuerpo	Método del índice de Vulnerabilidad			Método FEMA P-156 RSV Nivel 1		
		Iv	Calificación	Medidas a seguir	Iv equivalente Solamente Nivel 1	Calificación	Medidas a seguir
1	Único	58	Vulnerable	Tomar medidas especiales	48	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual
2	1	48	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual	31	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual
	2	56	Vulnerable	Tomar medidas especiales	44	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual
	3	80,5	Extremadamente Vulnerable	Se sugiere su inhabilitación y/o demolición	44	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual
	4	19	No Vulnerable	No requiere tomar medidas	21	Poco Vulnerable	Mantener en observación parámetros vulnerables
	5	49	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual	31	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual
3	Único	58	Vulnerable	Tomar medidas especiales	48	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual
4	1	93	Extremadamente Vulnerable	Se sugiere su inhabilitación y/o demolición	74	Muy Vulnerable	Tomar medidas especiales urgentes
	2	84,5	Muy Vulnerable	Tomar medidas especiales urgentes	48	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual
	3	73	Muy Vulnerable	Tomar medidas especiales urgentes	74	Muy Vulnerable	Tomar medidas especiales urgentes

Tabla 26: Tabla resumen y de comparación, Iv y FEMA P-156 Nivel 1 más Nivel 2

Escuela N°	Cuerpo	Método del índice de Vulnerabilidad			Método FEMA P-156 RSV Nivel 1 y 2		
		Iv	Calificación	Medidas a seguir	Iv equivalente Solamente Nivel 1 más Nivel 2	Calificación	Medidas a seguir
1	Único	58	Vulnerable	Tomar medidas especiales	79	Muy Vulnerable	Tomar medidas especiales urgentes
2	1	48	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual	38	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual
	2	56	Vulnerable	Tomar medidas especiales	60	Vulnerable	Tomar medidas especiales
	3	80,5	Extremadamente Vulnerable	Se sugiere su inhabilitación y/o demolición	84	Extremadamente Vulnerable	Se sugiere su inhabilitación y/o demolición
	4	19	No Vulnerable	No requiere tomar medidas	21	Poco Vulnerable	Mantener en observación parámetros vulnerables
	5	49	Medianamente Vulnerable	Seguimiento periódico anual	52	Poco Vulnerable	Mantener en observación parámetros vulnerables
3	Único	58	Vulnerable	Tomar medidas especiales	79	Muy Vulnerable	Tomar medidas especiales urgentes
4	1	93	Extremadamente Vulnerable	Se sugiere su inhabilitación y/o demolición	100	Extremadamente Vulnerable	Se sugiere su inhabilitación y/o demolición
	2	84,5	Muy Vulnerable	Tomar medidas especiales urgentes	100	Extremadamente Vulnerable	Se sugiere su inhabilitación y/o demolición
	3	73	Muy Vulnerable	Tomar medidas especiales urgentes	100	Extremadamente Vulnerable	Se sugiere su inhabilitación y/o demolición

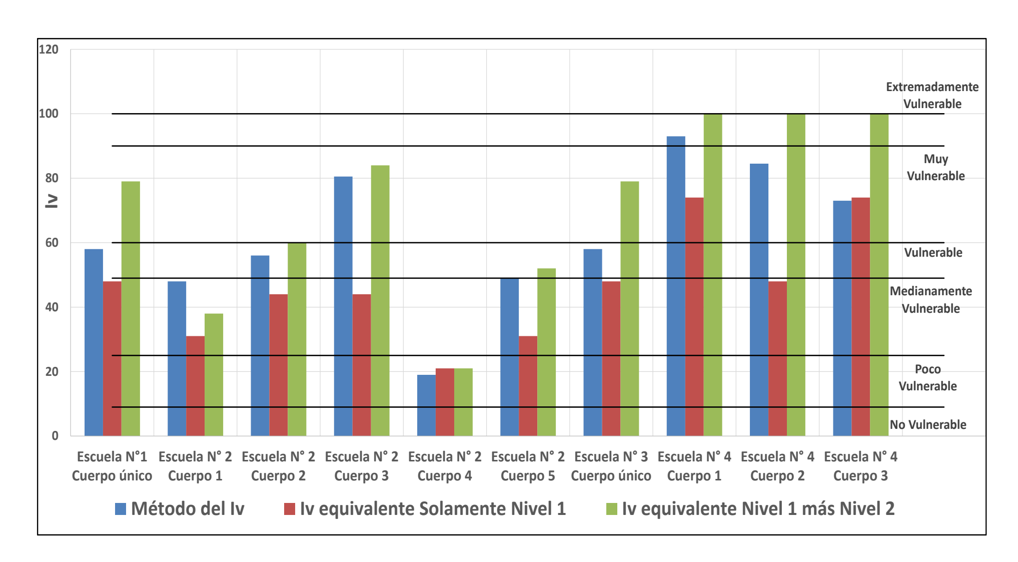


Figura 20: Comparación, Iv y FEMA P-156 Nivel 1 y FEMA P-156 Nivel 1 más Nivel 2, por cada edificio escolar y sus cuerpos estructurales.

5. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Como se mencionó en su oportunidad, la metodología FEMA P-154 puede ser aplicada a edificaciones sin necesidad de entrar al edificio y completando únicamente la planilla de Nivel1. Con estos resultados, como se observa en la “Tabla 31”, se pueden llegar a obtener resultados muy dispersos y no representativos de la realidad, comparados con los que se obtienen con el Iv. Por otro lado, el Iv (PIZARRO, N. F. 2016) no puede obtenerse si no se ingresa al edificio. Este impedimento se propone salvar, según el método RVS (2015), mediante la utilización de una visualización satelital aspecto que se considera que no soluciona totalmente el problema. Es muy posible que la tecnología que se dispone en EEUU podría llegar a proporcionar datos situación que, en general, no representa la realidad de Latinoamérica. Según dicho procedimiento, se podría asegurar en principio y de acuerdo con los resultados obtenidos, que los mismos no se condicen con la realidad de las construcciones relevadas, por lo tanto, el procedimiento puede no ser conveniente.

La metodología RVS da resultados aceptables para edificaciones que no sean de un interés importante especial para la sociedad, acorde a su necesidad en el comportamiento sismorresistente, cuando ocurra el terremoto de diseño, pero no así cuando su destino es, Hospitales, edificios educacionales, construcciones esenciales u otros de relevancia. Por esta causa fue necesario realizar ajustes en la valoración de los ítems evaluados.

En el caso del presente trabajo, como se tuvo acceso al interior de los edificios para realizar el análisis mediante el cálculo del Índice de Vulnerabilidad, se logró completar las planillas de relevamiento del Nivel 1 y del Nivel 2 del procedimiento FEMA P-154. Se conocía, en forma visual, la estructura y el estado de mantenimiento del edificio educacional y además se contaba con la información plasmada en las planillas de relevamiento del Iv (Pizarro, N. F. 2016). Entonces, según esta particularidad, las contrastaciones de los resultados obtenidos para

ambos métodos resultarían comparables. Los resultados utilizando la curva propuesta (Figura 3) puede considerarse aceptable, sin embargo, se reitera, los resultados entre ambos métodos pueden ser muy diferente si para el procedimiento FEMA P-154 se decide no ingresar al edificio que se pretende evaluar.

6. CONCLUSIONES

Se ha verificado para los casos de estudios analizados que el método del Índice de Vulnerabilidad (Iv) (Pizarro, N. F. 2016) es adecuado en función de las irregularidades encontradas en el edificio y arroja valores, en situaciones especiales de aplicación, semejantes al FEMA P-154.

Con los resultados de la aplicación de ambos métodos, y con otro denominado método de observación por expertos, no presentado en este trabajo, es posible concluir que el método del Iv (Pizarro, N. F. 2016) arroja valores más seguros y además, tiene la ventaja de quedar expresado, de manera clara, los motivos de dicha valoración.

Si bien la metodología indicada por el FEMA P-154 arroja resultados coherentes con los encontrados por el otro método, su análisis es muy general y si el observador no posee la experiencia suficiente en la calidad y diseño sismorresistente, los resultados pueden ser equivocados. En tal sentido el método del Índice de vulnerabilidad (Iv) (Pizarro, N. F. 2016) nos permite contar con más información y para ello, se requiere de una inspección ocular rigurosa pero sencilla, fácil y de ágil aplicación.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos por ambos métodos y contando con expertos en la determinación visual de la vulnerabilidad de un edificio, se considera que el método del Iv (Pizarro, N. F. 2016), da resultados muy orientativos para decidir realizar otros análisis más rigurosos mediante la aplicación de métodos cuantitativos. Además, la metodología del Índice de Vulnerabilidad (Pizarro, N. F. 2016) permite contar con un cierto nivel de información para la aplicación de métodos cuantitativos de mayor rigurosidad tales como irregularidades estructurales, efectos locales de posibles fallas, calidad del terreno de fundación, comportamiento de la mampostería, etc.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha desarrollado en el marco del proyecto de Investigación homologado “Vulnerabilidad sísmica de edificios educacionales construidos en el periodo 1950-1987 en zonas del Gran Mendoza”. Se agradece a las autoridades de la Universidad Tecnológica Nacional el financiamiento otorgado al mismo lo cual ha permitido el desarrollo de esta, a las autoridades del CEREDETEC y a todos los profesionales y becarios que participaron en los relevamientos de los edificios escolares.

REFERENCIAS

Agüera, N. D., Palencia, J.C., 2005. “Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un Edificio Educacional”. Tesina de grado para obtener el título de Ingeniero Civil.

Aguiar Falconí, R. y Bolaños, D. (2006). “Evaluación rápida de la vulnerabilidad sísmica en edificios de hormigón armado”. XIX Jornadas Nacionales de Ingeniería Estructural.

Alvayay Barrientos, D. A., 2013. “Evaluación de la vulnerabilidad sísmica del casco urbano de la ciudad de valdivia, empleando índices de vulnerabilidad”. Calibración del índice de vulnerabilidad del G.N.D.T. edificaciones de estructuras de albañilería confinada. Valdivia. Chile.

Aranda, P. (2000). “Índice Cualitativo de Vulnerabilidad Sísmica Aplicada a Edificios en Concepción”. Universidad de Concepción, Concepción, Chile.

Caicedo, C., Barbat, A. H. y Canas, J. A., 1994. “Vulnerabilidad sísmica de edificios”. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería. Monografía IS-6. CIMNE. Barcelona.

Consejo Nazionale Di La Ricerca (C.N.R.), Gruppo Nazionale per la Difensa Dai Terremoto (G.N.D.T.1993). “Rilevamento dell’Esposizione e Vulnerabilità Sismica degli Edifici”. Appendice Nº 1 - Appendice Nº 2 alla Pubblicazione «Rischio Sismico di Edifici Pubblici» Parte I y II – Aspetti Metodologici, Roma, Italia.

Gent, K. A., Astroza, M. A. Y Giuliano, G. M. (2005). “Calibración del índice de vulnerabilidad del G.N.D.T. a las edificaciones chilenas: estructuras de albañilería confinada”. Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica, IX Jornadas, Concepción, Chile.

Gulkan, P., Sozen, M. A., Semir, S. and Ersoy, U., 1996. “An alternative evaluation for determining seismic vulnerability of building structures”. Proceedings of the Eleventh World Conference on Earthquake Engineering, Acapulco, México, (CD-ROM) Paper No. 1763.

Letelier Gonzalez, V. C., 2003. “Calibración del índice de vulnerabilidad sísmica del G.N.D.T. para edificios de hormigón armado”, Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil. Chile.

Llanos, L. y Vidal, L., 2003. “Evaluación de la Vulnerabilidad sísmica de escuelas públicas de Cali: Una propuesta metodológica”. Universidad del valle. Escuela de Ingeniería Civil y Geomática. Cali.

Maldonado Rondon, E., Chio Cho, G. y Gomez Araujo, I., (2007). “Índice de vulnerabilidad sísmica en edificaciones de mampostería basado en la opinión de expertos”. Ingeniería y Universidad, vol. 11, núm. 2, julio-diciembre, 2007, pp. 149-168, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia.

Llanos, L. y Vidal, L., 2003. “Evaluación de la Vulnerabilidad sísmica de escuelas públicas de Cali: Una propuesta metodológica”. Universidad del valle. Escuela de Ingeniería Civil y Geomática. Cali.

Letelier Gonzalez, V. C., 2003. “Calibración del índice de vulnerabilidad sísmica del G.N.D.T. para edificios de hormigón armado”, Universidad de Concepción. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil. Chile.

Pizarro, N. F. (2016). Libro: "Método cualitativo para valorar la seguridad sismorresistente de edificios educacionales". Editor: SS&CC Ediciones. Mendoza. Argentina.

Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards (2015). A Handbook. APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL 201 Redwood Shores Parkway, Suite 240 Redwood City, California 94065. www.ATCouncil.org. Prepared for FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY Michael Mahoney, Project Officer Mai Tong, Task Monitor Erin Walsh, Task Monitor John Gillengerten, Technical Monitor Washington, D.C.